

План уроку 41-42

Тема: Молекулярна фізика та термодинаміка

Тема уроку: Розв'язування задач

Приклади рішення задач

Приклад 1. Температура повітря дорівнює 20 °С, точка роси 10 °С. Визначити відносну вологість повітря.

Рішення. З таблиці в довіднику знаходимо, що тиск p насиченої водяної пари при 10 °С дорівнює 1226 Па, а тиск p_0 при 20 °С дорівнює 2333 Па. Звідси

отримуємо:
$$\phi = \frac{p}{p_0} 100\%, \quad \phi = \frac{1226 \text{ Па}}{2333 \text{ Па}} 100\% = 52,6\%$$

Відповідь: відносна вологість повітря 52,6 %.

Приклад 2. В кімнаті 40 м³ при температурі 20 °С відносна вологість повітря складає 20 %. Яку масу води треба випарити для збільшення відносної вологості повітря до 50 %. Густина насиченої водяної пари при 20 °С дорівнює 17,3 · 10⁻³ кг/м³.

$\phi_1 = 0,2$ Згідно до визначення відносної вологості

$$\phi_1 = \frac{\rho_1}{\rho_n}, \quad \phi_2 = \frac{\rho_2}{\rho_n}, \quad \text{де } \rho_1 \text{ і } \rho_2 - \text{густина повітря}$$

$\phi_2 = 0,5$

$\rho_n = 17,3 \cdot 10^{-3}$ кг/м³ в кімнаті до та після випаровування води відповідно.

$V = 40$ м³ Використовуючи визначення густини та умови задачі:

$$m=? \quad \rho_2 = \frac{m_2}{V} = \frac{m_1 + m}{V} = \frac{m_1}{V} + \frac{m}{V} = \rho_1 + \frac{m}{V} \Rightarrow m = (\rho_2 - \rho_1)V$$

Виразивши густини через вологість, отримаємо $m = (\phi_2 - \phi_1)\rho_n V$.

Тоді $m = (0,5 - 0,2) \cdot 17,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3 \cdot 40 \text{ м}^3 = 0,2 \text{ кг}$.

Відповідь: 0,2 кг.

Приклад 3. Закрита посудина об'ємом $V_1 = 0,5$ м³ містить воду масою $m = 0,5$ кг. Посудину з водою нагріли до температури $t = 147$ °С. На скільки слід змінити об'єм посудини, щоб у ній була лише насичена пара? Тиск насиченої пари при температурі $t = 147$ °С дорівнює $p_0 = 4,7 \cdot 10^5$ Па.

Розв'язання. Насичена пара при тиску p_0 займає об'єм

$$V = \frac{mRT}{p_0 \mu} = 0,2 \text{ м}^3$$

де $\mu = 0,018$ кг/моль — молярна маса води. Об'єм посудини $V_1 > V$, і пара не буде насиченою. Щоб пара стала насиченою, об'єм посудини треба зменшити на

$$\Delta V = V_1 - V = 0,3 \text{ м}^3.$$

Приклад 4. Відносна вологість повітря в закритій посудині при температурі $t_1 = 5^\circ\text{C}$ дорівнює $\phi_1 = 84\%$, а при температурі $t_2 = 22^\circ\text{C}$ — $\phi_2 = 30\%$. У скільки разів тиск насиченої пари води при температурі t_2 більший, ніж при температурі t_1 ?

Розв'язання. Тиск водяної пари в посудині при $T_1 = 278 \text{ K}$ дорівнює: $p_1 = \phi_1 p_{o1}$ де p_{o1} — тиск насиченої пари при температурі T_1 . При температурі $T_2 = 295 \text{ K}$

$$p_2 = \phi_2 p_{o2}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Оскільки об'єм сталий, то за законом Шарля

$$\frac{p_{o2}}{p_{o1}} = \frac{\phi_1 T_2}{\phi_2 T_1} \approx 3$$

Звідси

Контрольні питання

1. В чому полягає процес випаровування? Конденсації?
2. Чому при випаровуванні знижується температура рідини?
3. Що таке динамічна рівновага між рідиною и парою?
4. Що називається насиченою парою?
5. Що буде відбуватися з насиченою парою, якщо зменшити об'єм, який вона займає?
6. Чи залежить концентрація молекул насиченої пари від об'єму?
7. Чи залежить тиск насиченої пари від об'єму?
8. Яка різниця між словами пара та газ?
9. Чи залежить тиск насиченої пари від температури?
10. Яка ця залежність? Роз'ясніть нелінійність залежності.
11. За рахунок чого при підвищенні температури підвищується тиск насиченої пари?
12. Опишіть процес кипіння?
13. Чому при підвищенні температури рідини чути шум?
14. Чому перед самим кипінням шум майже не чути?
15. Чому температура кипіння рідини залежить від тиску на її поверхні?
16. Як змінюється температура кипіння при зміні зовнішнього тиску? Наведіть приклади.
17. Як змінюється густина рідини та густина пари при підвищенні температури?
18. Що таке критична температура?
19. Яка різниця в поведінці ідеального газу та насиченої пари в закритому посуді при зміні температури?
20. Чи вірна формула $p = nkT$ для насиченої пари?
21. Як змінюється вологість при зміні температури та тиску?
22. Що таке парціальний тиск водяної пари?
23. Відносна вологість, що виражається через тиск? Через густину? Як від тиску перейти до густини?
24. Що таке точка роси?
25. Принцип дії психрометра.

26. Принцип дії гігрометра.

27. Принцип дії волосяного гігрометра.

28. Яке значення вологості повітря в метеорології, сільському господарстві, при зберіганні гігроскопічних речовин, сільськогосподарських продуктів, сушці деревини и т.д.?